

**ANALISIS TAHANAN ISOLASI PADA TRANSFORMATOR  
DI GARDU INDUK 150 KV PURWODADI**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi  
Strata I Pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik**

**Oleh:**

**SIGIT RIYANTO**

**D400150063**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

**2021**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**ANALISIS TAHANAN ISOLASI PADA TRANSFORMATOR  
DI GARDU INDUK 150 KV PURWODADI**

**PUBLIKASI ILMIAH**

oleh:

**SIGIT RIYANTO**

**D400150063**

**Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:**

**Dosen Pembimbing**



**Aris Budiman, S.T., M.T**

**NIK. 885**




**HALAMAN PENGESAHAN**

**ANALISIS TAHANAN ISOLASI PADA TRANSFORMATOR  
DI GARDU INDUK 150 KV PURWODADI**



**OLEH  
SIGIT RIYANTO  
D400150063**

**Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji  
Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Pada hari Sabtu, 19 Februari 2021  
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat**

**Dewan Penguji:**

- |  |  |
|--|--|
| 1. Aris Budiman, S.T., M.T.<br>(Ketua Dewan Penguji)     | (  ) |
| 2. Agus Supardi, S.T., M.T.<br>(Anggota 1 Dewan Penguji) | (  ) |
| 3. Umar, S.T., M.T.<br>(Anggota II Dewan Penguji)        | (  ) |

**Dekan,**

  
  
**Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D.**  
NIK. 682

## **PERNYATAAN**

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam publikasi ilmiah ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 19 Februari 2021

Penulis,



**SIGIT RIYANTO**

**D400150036**

## **ANALISIS TAHANAN ISOLASI PADA TRANSFORMATOR DI GARDU INDUK 150 KV PURWODADI**

### **Abstrak**

Trasformator daya adalah sebuah alat yang penting pada sistem ketenagaan listrik dimana fungsinya menyalurkan tegangan dari tegangan tinggi menuju tegangan rendah atau sebaliknya. Ada beberapa bagian penting dalam transformator daya, salah satunya adalah isolasi. Dalam setiap pengoperasiannya trafo harus selalu dalam kondisi yang mumpuni maka dari itu harus dilakukan perawatan rutin dan pengujian komponen peralatan, salah satunya adalah pengujian tahanan isolasi, tahanan isolasi sendiri bertujuan untuk menguji indeks polarisasi agar dapat mengetahui kondisi tahanan isolasi tersebut apakah masih layak digunakan atau sudah tidak layak, cara pengujiannya adalah dengan membandingkan hasil uji tegangan pada menit ke 10 dengan hasil uji tegangan saat menit 1, sedangkan uji tan delta digunakan untuk melihat kondisi baik atau buruknya sebuah isolasi peralatan listrik, dan untuk pengujian terakhir yaitu pengujian minyak, pengujian ini berfungsi untuk mengetahui kondisi kualitas minyak apakah kondisinya masih bagus atau jelek. Berikut merupakan hasil perhitungan dan pengujian pada Gardu Induk 150 KV Purwodadi, dalam data indeks polarisasi menunjukkan hasil rata-rata di rentang 1,25 – 2,0 dapat disimpulkan bahwa kondisi polarisasi masih dalam keadaan baik, berikutnya adalah hasil uji kualitas minyak pada trafo yang menunjukkan hasil 69,0, hasil tersebut menunjukkan bahwa kualitas minyak masih dalam keadaan yang bagus, demikian pula dengan kondisi kualitas minyak OLTC yang menunjukkan hasil rata-rata 80,1 hasil tersebut menunjukkan bahwa kualitas minyak masih dalam kondisi yang baik, tidak perlu adanya penggantian. Jika kondisi minyak pada trafo sudah tidak layak alangkah baiknya segera melakukan penyaringan, sedangkan untuk minyak OLTC jika sudah terjadi perubahan bentuk warna berupa warna coklat atau keruh sebaiknya segera diganti.

**Kata Kunci:** pengujian tahanan isolasi, pengujian polarisasi, kualitas minyak pada isolasi, tangen delta.

### **Abstract**

Power transformer is an important tool in the electrical power system where the function is to channel the voltage from high voltage to the voltage rendah or vice versa. There are several important parts in the power transformer, one of which is insulation. In each operation the transformer must always be in a capable condition, therefore it must be carried out routine maintenance and testing of equipment components, one of which is the testing of isolation prisoners, isolation prisoners themselves aim to test the polarization index in order to know the condition of the isolation prisoner whether it is still feasible to use or is not feasible, the way the test is by comparing the results of the voltage test at the 10th minute with the results of the voltage test at 1 minute, while the delta tan test is used to see the good or bad condition of an electrical equipment insulation, and for the last test that is oil testing, this test serves to know the condition of oil quality whether the condition is still good or bad. The following are the results of

calculations and tests at the Main Substation 150 KV Purwodadi, in the polarization index data shows the average results in the range of 1.25 - 2.0 can be concluded that the polarization condition is still in good condition, next is the test results of oil quality in transformers that showed the results of 69.0, the results showed that the quality of oil is still in good condition, as well as the oltc oil quality condition which shows an average yield of 80.1 the results show that the quality of oil is still in good condition , there is no need for replacement. If the condition of the oil in the transformer is not feasible bainya immediately do filtering, while for OLTC oil if there has been a change in the color form of brown or cloudy warna should be replaced immediately.

**Keywords:** isolation prisoner testing, polarization testing, oil quality in insulation, tangent delta.

## 1. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan energi yang sangat penting bagi manusia dan setiap tahun kebutuhan energi listrik terus bertambah . Semakin kesini tingkat penggunaan energi listrik di Indonesia terus mengalami kenaikan yang cukup tinggi mengingat maraknya pembangunan di beberapa sektor seperti pembangunan jalan tol, gedung-gedung perkotaan, dan penggunaan masyarakat umum. Tidak hanya untuk penggunaan masyarakat umum namun juga untuk penerangan jalan, beberapa fasilitas yang membutuhkan aliran listrik Pasti nya membutuhkan sebuah peralatan kelistrikan sangat handal dan mumpuni, transformator daya yang ada di gardu induk adalah salah satunya.

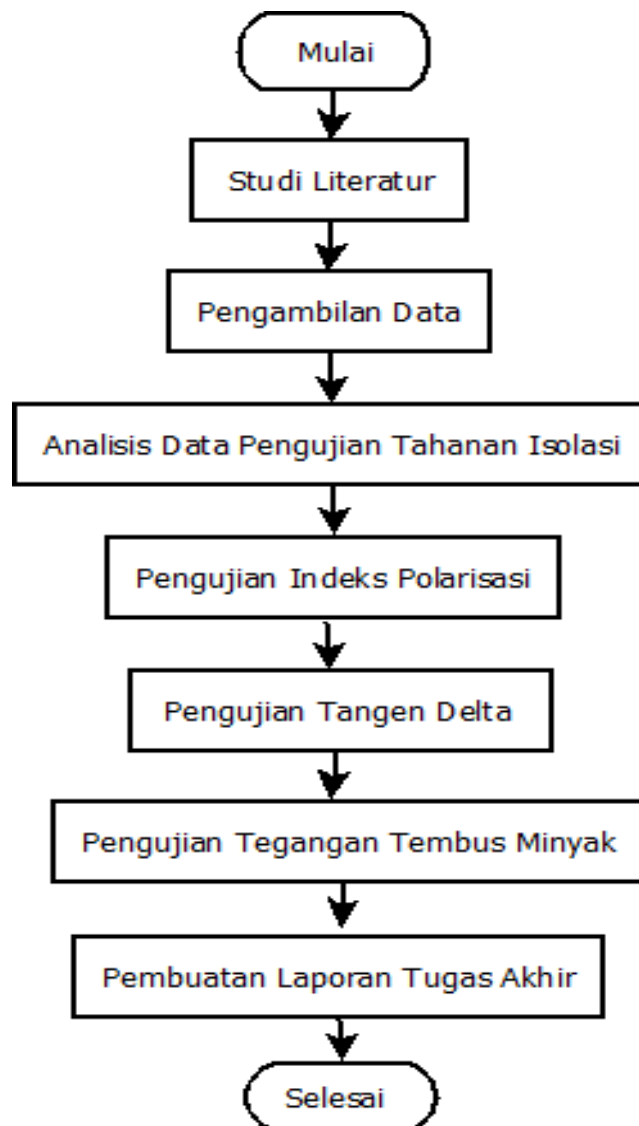
Transformator daya adalah sebuah mesin listrik stasis yang berguna untuk menaikturunkan tegangan sehingga dapat menyuplai tenaga listrik secara terus menerus (Fatra. 2014). Tranformator daya mempunyai banyak komponen salah satunya adalah komponen isolasi. Isolasi pada transformator berfungsi untuk meredam suara bising pada instrument yang cukup berimbas pada lingkungan, seperti instrument medis dan berfungsi sebagai pelindung dari sengatan listrik yang cukup berbahaya dari pengguna peralatan tersebut dan berguna mengurangi adanya distorsi harmonik, dan hal-hal lain (N, Anthony and Manish S.Potdar. 2007). Adanya isolasi tersebut berguna agar trafo tidak mengalami kenaikan suhu yang dapat merusak komponen pada trafo tersebut. Tahanan isolasi merupakan kebocoran arus tembus yang melewati isolasi atau kebocoran pada permukaan *external*

Agar kinerja transformator selalu baik, perlu dilakukan pengujian isolasi belitan. Salah satu indikator yang digunakan adalah indeks polarisasi. Caranya adalah dengan melakukan perbandingan hasil uji tegangan pada menit ke 10 dengan hasil uji tegangan pada saat menit ke 1, sedangkan uji tan delta berguna untuk melihat kondisi kualitas isolasi trafo dan didalam pengujian tersebut terdapat beberapa pengujian seperti GST (*Grounded Specimen Test*), UST (*Ungrounded Specimen Test*), dan GSTg (*Grounded Specimen Test with guard*) (PT. PLN Persero 2006), dan pengujian terakhir menguji kualitas minyak apakah masih dalam keadaan yang baik atau sudah buruk, jika kondisi kualitas minyak buruk maka diperlukan penggantian.

## **2. METODE**

Metode pengumpulan data pustaka, referensi, dan jurnal baik nasional maupun internasional dimana didalamnya terdapat keterkaitan tentang tahanan isolasi pada trafo.

Data diambil dari Gardu Induk 150 KV Purwodadi. Data yang didapatkan berupa pengujian indeks polarisasi, pengujian tan delta dan pengujian minyak dimana terdapat keterkaitannya dalam pembahasan yang ditulis. Data yang sudah diambil dari Gardu Induk 150 KV Purwodadi kemudian dilakukan analisis data, pengambilan data tersebut merupakan dasar landasan untuk membuat atau Menyusun laporan.



Gambar 1. Flowchart Penelitian

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembahasan tentang pengujian dan hasil uji terhadap tahanan isolasi, di bagian membahas tentang hasil pengujian yang sudah diperoleh antara lain yaitu, pengujian tahanan isolasi, pengujian indeks polarisasi, pengujian tan delta dan pengujian minyak yang didapatkan dari transformator Gardu Induk 150 KV purwodadi.

Indeks polarisasi menjadi acuan pengujian tahanan isolasi belitan yang pengujiannya berdasarkan dari hasil uji resistansi insulasi (Marques et al., 2017). Pada pengujian tahanan isolasi bertujuan untuk melihat kondisi transformator



tersebut apakah kondisinya baik atau buruk juga untuk mengetahui apakah terdapat kebocoran arus didalam belitan. Pengujian ini dilakukan dengan cara memberikan tegangan DC dan membandingkan pengukuran setelah 10 menit dengan pengukuran dimenit 1 (Hargi 2017). Tangen delta merupakan metode diagnostik elektrik yang menentukan kondisi insulasi (Badaruddin dkk, 2017). Pengujian kualitas minyak standar berfungsi untuk melihat kondisi minyak pada trafo yang digunakan untuk mengisolasi tegangan. Sistem isosasi pada trafo sangat menentukan usia trafo tersebut, dan baik buruknya kondisi trafo dapat diketahui dari hasil pengujian yang dilakukan.

### 3.1. Data pengujian Tahanan Isolasi

Tabel 1. Data indeks polarisasi trafo

No	Aktifitas	Kondisi tahun lalu			Kondisi tahun saat ini		
		1 Min	10 Min	IP	1 Min	10 Min	IP
1	<i>Primary - Ground</i>	2740	6920	2,54	2130	5250	2,46
2	<i>Sekundary - Ground</i>	2670	7040	2,63	2070	4990	2,41
3	<i>Tertier - Ground</i>	3820	8410	2,20	3600	6950	1,93
4	<i>Primary - Sekundary</i>	2940	8430	2,86	3840	8280	2,15
5	<i>Primary - Tertier</i>	4160	9660	2,32	2080	4980	2,39
6	<i>Sekundary -Tertier</i>	4930	7240	2,51	3500	8480	2,42

Rumus indeks polarisasi sebagai berikut:

$$IP = \frac{R_{10}}{R_1} \quad (1)$$

Keterangan:

IP : Indeks Polarisasi

$R_{10}$  : Hasil uji menit ke sepuluh

$R_1$  : Hasil uji menit pertama

Setelah mengetahui rumus perhitungan indeks polarisasi maka dapat dijabarkan seperti berikut:

Pengujian akhir :

a. *Primary - Ground*  

$$IP = \frac{5250}{2130} = 2,46$$

b. *Primary - Sekundary*  

$$IP = \frac{8280}{3840} = 2,15$$

c. *Sekundary - Ground*  

$$IP = \frac{4990}{2070} = 2,41$$

d. *Primary - Tertier*  

$$IP = \frac{4980}{2080} = 2,39$$

$$\text{e. } \textit{Tertier - Ground} \\ IP = \frac{6950}{3600} = 1,93$$

$$\text{f. } \textit{Sekundary - Tertier} \\ IP = \frac{8480}{3500} = 2,42$$

Tabel 2. Standar IEEE tentang indeks polarisasi

NO	HASIL PENGUJIAN	KETERANGAN KONDISI	REKOMENDASI TINDAKAN
1.	<1	Berbahaya	Perlu Investigasi
2.	1,0 – 1,1	Tidak baik	Perlu Investigasi
3.	1,1 – 1,25	Dipertanyakan	Uji kadar air minyak, Uji tan delta
4.	1,25 – 2,0	Baik	-
5.	>2,0	Sangat Baik	-

Melihat dari perhitungan dan perbandingan yang ditampilkan Tabel 1, setelah dibandingkan dengan standar IEEE di table 2 kondisi isolasi trafo berada pada nomor 4 di rentang (1,25 – 2,0) dan nomor 5 (>2,0) dengan demikian maka dapat disimpulkan bahwa isolasi trafo dalam keadaan baik dan sangat baik dan tidak diperlukan tindakan lebih lanjut mengingat kondisi isolasi trafo yang masih sangat baik.

### 3.2. PengujianTangen Delta

Pengujian tan delta menunjukkan kekuatan isolasi, kehilangan daya dielektrik dan kelembaban berbagai macam bahan isolasi (Ravi, 2013). Isolasi yang baik akan bersifat kapasitif sempurna, dalam hal ini trafo dianggap sebagai kapasitor murni. Tegangan arus fasa bergeser 90 ° pada kapasitor murni dan arus yang melewati isolasi merupakan kapasitif. Adanya kontaminasi akan menurunkan nilai tahanan isoasi yang berdampak pada tingginya arus resistif yang melaluinya. Dalam hal pengujian tan delta data yang didapatkan penulis sudah berupa hasil pengukuran yang didapatkan melalui alat ukur Tangen Meter. Dan hanya tinggal membandingkan hasil dari pengukuran dengan Standar yang menjadi patokan kondisi baik atau buruk. Berikut merupakan hasil pengukuran menggunakan alat Tangen Mater.

Tabel 3. Data Pengujian Tangen Delta

Type Pengujian	TANGEN DELTA		KAPASITANSI	
	TAHUN LALU	HASIL UKUR	TAHUN LALU $\mu f$	HASIL UKUR $\mu f$
Inject HV Primer				
C HL	0,14 %	0,16 %	9707,5	8706,31
C HG	0,16 %	0,18 %	2737,7	2709,65
C HL + C HG	0,14 %	0,17 %	11437,0	11402,06
Inject HV Sekunder				
C LT	0,24 %	0,29 %	160,52	162,13
C LG	0,21 %	0,22 %	3671,05	3775,76
CLT + CLG	0,21 %	0,22 %	3831,3	3037,51
Inject HV Tersier				
C TH	0,12 %	0,14 %	21718,49	20173,51
C TG	0,07 %	0,08 %	103,03	1496,12
C TH + C TG	0,11 %	0,13 %	20245,5	21669,03

Berikut adalah standar nilai pengujian tan delta belitan trafo yaitu :

Tabel 4. Standar Tan Delta Belitan Trafo

NO	HASIL PENGUJIAN	KETERANGAN
1.	$\leq 0,5\%$	Baik
2.	0,5%-0,7%	Penurunankinerja
3.	0,5%-0,7%	Jelek

Dari hasil pengujian yang ditampilkan pada Tabel 3, setelah dibandingkan dengan standar tab delta belitan trafo di tabel 4, maka dapat disimpulkan kondisi tan delta belitan berada dinomor1 ( $\leq 0,5\%$ ) yang berarti masih dalam kondisi yang baik dan tidak memerlukan penanganan lebih lanjut mengingat kondisi yang masih baik.

### 3.3. Pengujian Tegangan Tembus Minyak

Pengujian minyak menggunakan test BDV (*Break Down Voltage*) dengan prinsip setiap test sebanyak 6 kali, Ketika tegangan naik aka nada suara, break down tunggu beberapa detik, lalu dijalankan lagi dan seterusnya sampai 6 kali test.

Tabel 5. Hasil Pengujian tembus minyak

Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5	Test 6	Rata-Rata
69,8	73,4	69,1	71,9	59,5	70,1	69,0

Tabel 6. Standar pegujian tegangan tembus minyak

Tegangan	Bagus	Cukup	Buruk
500 kv	>60	50 – 60 kv	< 50 kv
150 kv	>50	40 – 50 kv	< 40 kv
70 kv	>40	30 – 40 kv	< 30 kv

Dari hasil pengujian tegangan tembus melalui pengujian BDV (*Break down Voltage*). Dari hasil test 1 sampai test 6 dengan rata-rata 69,0, Dengan hasil ini minyak yang ada pada trafo menunjukkan keadaan yang baik, dan apabila minyak trafo dalam kondisi buruk maka harus di saring terlebih dahulu dengan cara dipanaskan di suhu 60 - 70°C dengan menggunakan pasir kuasar.

Tabel 7. Pengujian minyak OLTC ( *ON Load Tap Changer* )

Tes pertama	Tes kedua	Tes ketiga	Tes keempat	Test kelima	Test keenam	Rata-Rata
80,1	80,1	80,2	80,1	80,1	80	80,1

Tabel 8. Standar uji nilaiminyak OLTC IEC 60422

Bagus	Cukup	Cukup
>40	40	<40

Setelah melakukan pengujian minyak OLTC (*ON Load Tap Changer*) trafo dengan melalui metode pengujian BDV (*Break Down Voltage*).Dapat dilihat hasil dari pengujian test 1 sampai test 6 menunjukan rata-rata 80,1, Dari pengujian tersebut maka dapat disimpulkan bahwa minyak OLTC dalam kondisi yang masih bagus dan tidak diperlukannya tindakan penggantian. Indikasi kualitas minyak OLTC jika minyak masih jernih maka kondisi masih baik, namun jika minyak sudah berwarna coklat atau sudah keruh maka kondisi sudah buruk.

#### 4. PENUTUP

Berikut adalah hasil dari pengujian dan pembahasan tahanan isolasi pada Gardu Induk 150 KV Purwodadi maka dapat diartikan sebagai berikut : Setelah melakukan pengujian dan perbandingan diatas, tranformator pada Gardu Induk 150 KV Purwodadi kondisinya masih baik dan layak untuk digunakan, dan tidak memerlukan adanya perbaikan atau tindakan lebih lanjut.

Indeks polarsasi menunjukkan hasil rata-rata di rentang 1,20 – 2,0 maka dapat disimpulkan bahwa kondisi indeks polarisasi dalam keadaan yang baik. Tangen delta menunjukkan hasil pengujian dibawah 0,5%, maka dapat diartikan jika kondisi tangen delta masih bagus.

Untuk minyak trafo hasil uji menyatakan rata-rata 69,0 KV dapat disimpulkan bahwa kondisi minyak masih baik, sedangkan hasil pengujian minyak OLTC dengan rata-rata 80,1 masih dalam keadaan yang baik dan tidak perlu adanya penggantian. Dari beberapa pengujian yang sudah dibahas diatas maka dapat disimpulkan bahwa kondisi Tahanan Isolasi pada Gardu Induk 150 KV Purwodadi masih dalam keadaan yang baik dan masih layak digunakan.

## **PERSANTUNAN**

Penulis sangat ingin berterimakasih dan meminta permohonan maaf kepada rekan-rekan yang sudah membantu selama penulisan dan permohonan maaf jika hasil dari penulisan kurang begitu memuaskan : Terima kasih kepada Allah SWT atas Kesehatan jiwa dan raga yang telah diberikan kepada penulis dan sudah mengabulkan doa saya. Terima kasih kepada orang tua saya yang telah mendukung dengan sabar dan segala perjuangan yang mereka berikan untuk keluarga saya. Terima kasih kepada teman-teman yang telah membantu secara moral dan selalu ada dalam kondisi senang dan susah. Terima kasih kepada jajaran Dosen dan Kariawan Teknik Elektro UMS yang telah mendidik dan membantu selama perkuliahan, Terima kasih kepada KMTE (Keluarga Mahasiswa Teknik Elektro) yang telah memberikan banyak pengalaman selama saya menjadi anggota kepengurusan. Serta pihak lain yang tidak bisa disebutkan, saya selaku penulis mengucapkan banyak Terimakasih.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- André P. Marques, dkk. (2017) *litera Insulation Resistance of Power Transformers*. IEEE International Conference Electric Liquids (ICDL).
- Badaruddin dkk. (2017). Analysis On The Quality Of Three-Phase Transformer Oil. International Research Journal of Computer Science (IRJS),

Fatra, Deni (2014). *Studi penjelasan mengenai Rele Defferensial sebagai sistem Proteksi Transformator Daya di Gardu Induk Bukit Siguntang Tragi Boombaru UPT Palembang PT. PLN (Persero). Tugas Akhir, Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang.*

Hargi (2017). *Presentasi Pengujian Trafo.* Yogyakarta: Basecamp Yogyakarta.

Persero, PT PLN. (2006). *Buku tentang Pelatihan o&m Transformator Tenaga,* Semarang